



## Kärnvedsbildning i tall (*Pinus sylvestris* L.) – Startålder samt årlig tillväxt i Västerbotten

*Heartwood formation in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.)  
– Starting age and annual growth in Västerbotten*



Foto: Steve Fahlgren

**Steve Fahlgren**





# Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2011:15

## Kärnvedsbildning i tall (*Pinus sylvestris* L.) – Startålder samt årlig tillväxt i Västerbotten

*Heartwood formation in Scots Pine (Pinus sylvestris L.)  
– Starting age and annual growth in Västerbotten*

### Nyckelord / Keywords:

Splintved, ålder, bonitet, grundyta / Sapwood, age, site index, basal area

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2011

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0644, 30 hp, avancerad nivå/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Tommy Mörling

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Extern handledare / *External supervisor*: Thomas Ulvcrona,

SLU, Enheten för skoglig fältforskning / *SLU, Unit for Field-based Forest Research*

Examinator / *Examiner*: Erik Valinger

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## **Förord**

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och har utförts vid institutionen för skogens ekologi och skötsel vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå.Handledare var Tommy Mörling och biträdande handledare Thomas Ulvcrona. Idén till examensarbetet uppstod efter avslutat kandidatarbete om kärnved.

Jag vill tacka Tommy Mörling, samt ett stort tack till Thomas Ulvcrona för snabba svar och goda råd. Jag vill även tacka Hans-Göran Nilsson vid Svartbergets försökspark i Vindeln för vägledning i fält och registerarbete. Dessutom Jun Yu, Kristina Lundquist och Magnus Ekström på Biostokastikum vid SLU för hjälpen med statistik.

## Sammanfattning

I Västerbotten täcks den produktiva skogsmarken till 44 % av tall. Tallar bildar kärnved, men anledningen till detta är fortfarande oklar. Det antas dock innebära fördelar att bilda denna typ av ved. Kärnved består av döda parenkym och epitelceller, medan splintveden innehåller levande celler. Kärnveden innehåller även olika typer av extraktivämnen samt fenoler. Kärnveden antas fungera som stöd för att bära upp kronan. Splintveden fungerar som en slags ledningstransportör av vatten och näringsämnen mellan kronverket och rötterna. Det är skillnad i egenskaper mellan dessa vedtyper och därmed också i användningsområde. Splintved är mer eftertraktad för pappermassaindustrin och kärnveden mer lämplig för konstruktionsvirke.

I denna studie undersöktes startåldern i yngre tallar samt hur mycket kärnvedsringar som bildats/år i äldre tallar under den tid de varit aktiva kärnvedsproducenter. I studien undersöktes även om tallar bevuxna på låg bonitet med hög grundyta hade producerat mer kärnvedsringar/år än tallar på hög bonitet med låg grundyta. Studien delades upp i två delar bestående av yngre tallar som fick utgöra startålder för motsvarande äldre tallar. De yngre och äldre tallarna fördelade sig på fyra avdelningar var, innehållande 15 provträd per avdelning.

Startåldern för kärnvedsbildning i denna studie beräknades till mellan 7-8 år i brösthöjd. De äldre tallarna hade i snitt bildat mellan 0,40 till 0,47 kärnvedsringar/år. Samt det förelåg ingen signifikant skillnad mellan produktion av kärnvedsringar/år mellan avdelningen med låg bonitet och hög grundyta mot avdelningen med hög bonitet och låg grundyta. Den framtagna regressionsmodellen kan antas fungera för att förklara bildade kärnvedsringar/år i äldre bestånd på ståndorter och i bestånd med liknande förutsättningar som de undersökta.

Nyckelord; splintved, ålder, bonitet, grundyta.

## Abstract

In Västerbotten the productive forest land consist to 44 % of Scots pine. Pine forms heartwood but the reason for that is still unclear. It is assumed, however, that it is advantageous to form this type of wood. Heartwood consists of dead parenchyma and epithelial cells, while the sapwood is composed of living cells. The heartwood also contains various types of extrac-tives and phenols. The heartwood is supposed to provide more strength for supporting the crown. Sapwood serves as a kind of tissue for transport of water and nutrients between the crown and the roots, therefore there are differences in characteristics between these types of wood and thus also when in use. Sapwood is more desirable for pulp products and heartwood more suitable for construction wood.

In this study the starting age for heartwood formation of young Scots pines was examined, and the production rate of heartwood (rings/year) that where produced in older pines during the time they been active producers of heartwood. The study also examined if pines on low site index and high basal area had produced more heartwood (rings/year) than pines at high site index and low basal area. The study was divided into two parts. The first consisting of young pines which served as starting age. The second consisting of older pines where the starting age from the young pines were used. The younger and older pines were distributed into four subsets each containing 15 trees.

The starting age for heartwood formation in this study was estimated to be between 7-8 years at breast height. The older pines on average formed between 0,40 to 0,47 heartwood (rings/year). There was no significant differences between heartwood production rate (rings/year) between the stands with a low site index and high basal area stands and the stands with high site index and low basal area. The developed regression model can be assumed to function to explain formed heartwood rings/year in older stands with similar conditions as those under investigation.

Key words; sapwood, age, site index, basal area.

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	5
2	Material och metod .....	8
2.1	Avdelningshistorik.....	9
2.2	Utrustning och fältarbete .....	10
2.3	Analys av insamlade borrhärdar.....	10
2.4	Variabler för modellen.....	11
2.4.1	<i>Specifisering samt beräkning av startålder för de yngre avdelningarna.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Specifisering samt modellanpassning för de äldre avdelningarna .....</i>	<i>12</i>
3	Resultat .....	16
3.1	Startålder för de yngre avdelningarna .....	16
3.2	Bildade kärnvedsringar/år för de äldre avdelningarna.....	16
3.3	Regressionsmodell för de äldre avdelningarna.....	16
3.4	Hypotesprövning .....	17
4	Diskussion.....	18
5	Referenser .....	22
	Bilagor .....	24



# 1 Inledning

I Västerbotten täcks 44% av den produktiva skogsmarken av tall (Skogsdata 2011). 2009 förbrukade skogsindustrin 9,3 milj.m<sup>3</sup> fub tall (*Pinus sylvestris* L.) från de fyra nordligaste länen (Anon 2011).

Tall är ett barrträd vars stam i huvudsak är uppbyggd av trakeid- och parenkymceller. Cellerna i stammen fördelar sig i delarna xylem (stamved), floem och ytterbarken. Alla dessa vävnadstyper bildas från celldelningen i det laterala kambiet. Den del av stammen som innehåller fysiologiskt aktiva parenkymceller benämns splintved (Higuchi 1985). Splintveden har tre viktiga funktioner för trädet; den innehåller stora mängder växtsaft bestående av gaser och salter i löst form vilka transporteras mellan rötter och kronverk, den ska bära upp kronan så att det åtråvärda ljuset och luften kan tillgodogöras samt fungera som lagringsplats för stärkelse (Hillis 1987). Den fysiologiskt döda delen av xylemet benämns kärnved (Higuchi 1985). Sammantaget får allt detta till konsekvens att splint- respektive kärnved har olika egenskaper (Hillis 1987).

Fördelarna med kärnved anses vara färgen, hållbarheten och stabiliteten som eftersträvas i mer högkvalitativa produkter (Hillis 1987). Det finns dock också nackdelar med kärnved för vissa industriella processer. Då kärnveden har låg permeabilitet minskar möjligheten till impregnering med träskyddande substanser. Extraktivämnena i kärnveden kan också t.ex. försvåra sammanfogning av trästycken eller försämra kvalitén på pappersmassa (ibid).

Anledningen till att träd bildar kärnved är mer eller mindre okänd, vad man däremot har bättre kunskap om är att processen skiljer mellan trädarter men även inom samma trädslag såväl som mellan bestånd. Bildandet av kärnved antas medföra vissa positiva egenskaper för träden som t.ex. försvar mot svampangrepp (Hillis 1987). Kärnvedsbildning är en naturlig fysiologisk åldringsprocess vilken karakteriseras av att parenkymceller dör (Bergström 2000). Omvandlingen av splintved till kärnved åtföljs också av bildandet av olika organiska ämnen som t.ex. extraktivämnena (Higuchi 1985).

Vilka processer som initierar och sedan påverkar kärnvedsbildningen vidare i träden har undersökts i flera studier. Bland annat har ståndortsegenskaper, som t.ex. vattenbalansen och utsattheten för vind, visat sig relatera starkare till splintvedsdiametern och total diametertillväxt än till kärnvedbredden i *Pinus canariensis* (Climent et al 1993). Faktorer som gynnade kärnvedsbildning i radiata-tall (*Pinus radiata*) var: Markförhållanden som möjliggör ett djupt rotsystem, en jämn vattentillförsel och avsaknad av uttorkande vindar eller låg humiditet (Harris 1954). I en studie visas att sambandet mellan kronans längd och kärnved är betydande när det gäller miljöfaktorer. Detta oavsett den genetiska uppsättningen. Dock var krongränshöjd faktorn som visade den starkaste genetiska korrelationen med kärnvedsdiametern (Fries och Ericsson 1998).

I ett provenienstest med tall visar Fries (1999) att det föreligger en liten skillnad i antalet kärn- och splintvedsringar mellan provenienser. Även i bredden av respektive vedtyp är skillnaden liten med avseende på proveniens. Resultatet indikerade att ståndortsegenskaper såsom grundyta har större inflytande än proveniens- och latitutförflyttning för kärn- och splintvedutveckling.

Förhållandet mellan mängden av den fotosyntetiserande vävnaden (barr eller löv) och mängden av splintveden kan förklaras i en teori som "The pipe model theory". Teorin redovisar ett linjärt samband där mängden fotosyntetiserande vävnad är 1:1 i förhållandet till mängden splintved. När sedan kvistrensningen startat behövs inte längre splintveden som försåg barren med vatten och näringstransport. Detta leder enligt denna teori till att splintveden omformas i stammen till kärnved. De nya grenarna högre upp i trädet skapar nya transportvägar i den nyare bildade yttre splintveden. Storleken på kronan är alltså avgörande för mängden splintved som bildas vilket indirekt reglerar mängden kärnved (Shinozaki et al 1964). Dock har det visat sig svårt att manipulera detta förhållande. Detta visar Långström och Hellqvist (1991) i en studie på 25-årig tall. I den beskars trädkronor med en styrka av 50-75% vilket resulterade i en minskning av splintved vilket fick till konsekvens att kärnvedsarean ökade. Kärnvedsarean ökade dock endast på bekostnad av minskad splintvedsarea, någon relativ ökning av kärnveden skedde alltså inte. Mörling och Valinger (1999) ändrade de naturliga betingelserna för växtplatsen genom gödsling samt gallring av tall och sammanfattar att effekten av behandlingarna verkar öka total diameter och kärnvedsdiametern men antalet kärnvedsringar är oförändrade.

Wilkes (1991) undersökte tillväxthastigheten av kärnvedsbildning i äldre radiata-tall bestånd. Där visade det sig vara en avsevärd variation i kärnvedsutveckling mellan träd i samma avdelning och mellan avdelningarna. Wilkes (1991) anger effekterna av både klimat och genetiska faktorer som betydande för kärnvedsutvecklingen. Från studien dras slutsatsen att kärnvedsbildning i radiata-tall är väsentligt beroende av diametertillväxten när träden är unga. Detta på grund av att splintved omvandlas till kärnved med en fast fraktion av bredden av splintvedsringarna. Det betyder att genom olika skötselmetoder är det möjligt att påverka bredden av bildade årsringar, diametertillväxten av stammen, och på så sätt också reglera kärnvedsbildningen. Också enligt Björklund (1999) varierar kärnvedsandelen i tall betydligt mellan träd i samma bestånd och mellan träden i olika bestånd. Det visar sig också att kärnvedsandelen korrelerar starkt med total ålder och antalet kärnvedsringar men dåligt mot bonitet, grundyta och trädvariabler. Enligt Björklund (1999) kan det tolkas som att kärnvedsbildningen fortskrider med en fast fraktion av bredden av splintvedsringarna. Hur snabbt träden ursprungligen hade växt är av betydelse visar Kaufman och Watkins (1990). Från den studien framgår att i äldre bestånd av contorta-tall innehåller träden med låg vigör mer volym kärnved än de med hög vigör trots att åldern för kärnveden var jämförbar mellan alla träd. Resultat från den studien indikerar att träden med låg vigör har växt snabbare i ungdomen vilket resulterat i att mer splintved har omvandlats till kärnved. Även detta skulle tyda på att bredden av splintvedsringarna påverkar kärnvedsbildningen

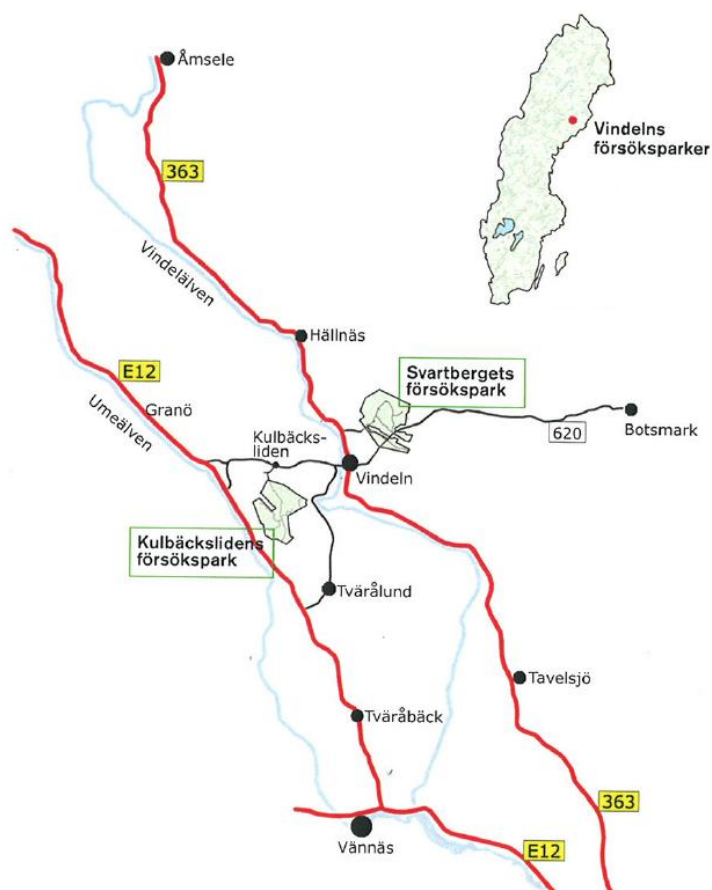
Initieringsålder för bildandet av kärnved är en viktig variabel att bestämma och Hillis (1987) menar att på ståndorter med låg bonitet kan initieringsåldern för kärnvedsformationen försejas; och på dessa kan också kärnvedsandelen minska. Kärnvedsbildning för tall anses börja vid ca 20-25 års ålder (Gjerdrum 1997). Men enligt Hillis (1987) så kan begynnelseåldern variera mellan 25-70 år beroende på var trädet växer. Björklunds (1999) beräkningar visar att kärnvedsformationen startar vid en totalålder av 15 års kambialålder. I Gjerdrum (2003) undersöks kärnved i relation till ålder och tillväxt hos tall. Där förklaras att försök till att bestämma vid vilken ålder kärnvedsbildningen startar har utelämnats i studien. Dock görs en antydning, enligt en matematisk formel, att kärnvedsbildningen ska börja vid 9 års ålder. Också i Gjerdrum (2003) visas att transformation av splintved till kärnved sker med 0,6 årsringar/år vid 50 års totalålder och med 0,8 årsringar/år vid 200 års totalålder. Björklund (1999) beräknar att antalet kärnvedsringar som bildas per år ökar med högre totalålder, från 0,5 ringar vid 45 års ålder till 0,8 ringar vid 115 år.

Vad gäller tidigare studier av startåldern för kärnvedsbildning i tall har denna beräknats utifrån äldre träd. Därför är det intressant att undersöka yngre träd, som förmodligen precis har börjat, eller är i stånd med att inleda, kärnvedsbildandet. Och därmed med större säkerhet beräkna startåldern. Baserat på den framräknade startåldern skulle beräkningar av hur mycket kärnved äldre träd har producerat i snitt under den tid de varit kärnvedsproducenter möjliggöras. Det har tidigare prognostiserats hur mycket kärnved som producerats vid en given ålder under en omloppstid men inte med metoden att faktiskt undersöka startåldern i samma geografiska område. Vilka faktorer som kan tänkas förklara produktionen av kärnved i de äldre träden är också av intresse, detta för se om någon av dessa faktorer är mer eller mindre betydelsefull än de andra. Eventuellt kan den eller de faktorer som bäst förklarar bildade kärnvedsringar/år kanske också gå att påverka genom skogsskötsel och på så sätt kan kanske kärnvedsbildningen regleras på ett medvetet sätt.

Syftet med denna studie är därför att i yngre bestånd identifiera startåldern för kärnvedsbildning i tall (*Pinus sylvestris*) samt också att i äldre bestånd fastställa hur mycket kärnved som bildats per år (årsringar/år). Förklarande variabler att pröva i ett eventuellt samband är bonitet och grundyta för antal producerade årsringar kärnved per år. Hypotesen vilken provas är; ett äldre bestånd med hög grundyta och låg bonitet producerar mer (årsringar/år) än ett äldre bestånd med låg grundyta och hög bonitet.

## 2 Material och metod

Det praktiska fältarbetet utfödes på Svartberget och Kulbäckslidens försöksparker i Vindeln, vilka tillhör Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), skogsfakulteten, enheten för skoglig fältforskning (Figur 1). Klimatdata för för respektive försökspark är; Kulbäcksliden (64°08'N, 19°36'E), Temperatursumma 970 dygnsgrader, Årsnederbörd 523 mm, Höjd över havet 150-290 m. Svartberget (64°14'N, 19°46'E), Temperatursumma 970 dygnsgrader, 523 mm, Höjd över havet 170-320 m.



Figur 1 Försöksparkernas geografiska lokalisering.

Då denna studie byggde på att identifiera startålder för kärnvedsbildning för tall (*Pinus sylvestris* L.), undersöka hur många kärnvedsringar äldre bestånd av tall har bildat per år samt vilka variabler som kunde påverka detta, behövde både yngre och äldre tallbestånd undersökas. De yngre avdelningarna skulle ha samma förutsättningar som de äldre avdelningarna haft tidigare med avseende på bonitet, grundyta, föryngringsmetod, geografiskt läge samt klimat. Grundtanken i metodiken för att identifiera startåldern hos de yngre träden var att ta ut borrhärdar och sedan räkna antalet kärnvedsringar. Förhoppningen var att finna så få kärnvedsringar som möjligt i de yngre träden för att beräkna en generaliserad startålder. Färre antal observerade kärnvedsringar antogs innebära att träden nyligen påbörjat sin kärnvedsformation.

Den framräknade startåldern hos de yngre avdelningarna översattes sedan till motsvarande äldre avdelning. På så sätt kunde en beräkning av hur många kärnvedsringar som de äldre tallarna hade producerat/år utföras.

För att överföra detta teoretiska resonemang till praktisk metodik delades studien upp i två delar. I den första delen togs prover för att utvärdera kärnvedsbildningens startålder. De yngre bestånden utgjordes av avdelningar vilka hade låg och hög bonitet, samt låg och hög grundyta. Motsvarande kriterier med avseende på beståndskaraktistik gällde för val av de äldre bestånden. Det visade sig dock svårt att hitta samma föryngringsmetod mellan alla de yngre och äldre bestånden. Där så ej gick att göra fick bonitet och grundyta vara de prioriterade variablerna.

Valet av avdelningar skedde genom besök och registerarbete vid Svartbergets försökspark. Utifrån de senaste beståndsinventeringarna valdes troliga avdelningar ut som möjliga kandidater för studien. Efter detta första urval besöktes 12 avdelningar i fält, både yngre och äldre. Efter avslutande fältbesök gjordes ett sista urval vilket presenteras i (Tabell 1). Vidare sammanställdes relevant beståndshistorik för studien vilket presenteras i (Tabell 2) och (Tabell 3).

## 2.1 Avdelningshistorik

Tabell 1. Avdelningarnas numrering är deras verkliga identifikationsnummer i beståndsregistret. Bonitet, grundyta och ålder för både yngre och äldre avdelningar

Yngre bestånd				Äldre bestånd			
Bonitet (SI)				Bonitet (SI)			
		Låg	Hög			Låg	Hög
Grundyta	Hög	<b>Avdelning 137</b>	<b>Avdelning 114</b>	Grundyta	Hög	<b>Avdelning 23</b>	<b>Avdelning 94</b>
		Bonitet T17	Bonitet T22			Bonitet T17	Bonitet T21
		Grundyta 14	Grundyta 18			Grundyta 25	Grundyta 38
	Låg	Ålder brh. 20	Ålder brh. 23	Låg	Ålder brh. 91	Ålder brh. 54	
		<b>Avdelning 43</b>	<b>Avdelning 36</b>		<b>Avdelning 25</b>	<b>Avdelning 122</b>	
		Bonitet T19	Bonitet T21		Bonitet T16	Bonitet T21	
	Grundyta 7	Grundyta 7		Grundyta 8	Grundyta 17		
	Ålder brh. 16	Ålder brh. 22		Ålder brh. 64	Ålder brh. 75		

Avd 137 utgjorde startålder för avd 23, avd 43 för avd 25, avd 114 för avd 94 och Avd 36 för avd 122.

Tabell 2. Beståndshistoriken för de yngre avdelningarna. Svartb.=Svartbergets försökspark.Kulb.=Kulbäckslidens försökspark. Avdelningsnummerna tillkom 2002

Avdelning	
137	Svartb. Planterat 1981.
114	Kulb. Fröträd. Markberett 1978. Fröträd avv. 1984.
43	Kulb. Planterat 1988. Tall 1/0 Kilåmon proveniens 400/6525.
36	Kulb. Fröträd. Markberett 1978. Fröträd avv. 1984.

Tabell 3. Beståndshistoriken för de äldre avdelningarna. Svartb.=Svartbergets försökspark. Kul bäckslidens försökspark. Avdelningsnummerna tillkom 2002

Avdelning	
23	Svartb. Fröträd. Överståndare avv. 1951. Rensningsgallring 1953.
94	Kulb. Fröträd 1941. Plant-ungskogsgallring 1959.
25	Kulb. Fröträd avv. 1968. Plant-ungskogsröjning 1972.
122	Svartb. Avv 1955. Fröträd. Gallrat 1996.

## 2.2 Utrustning och fältarbete

Under arbetet i fält användes elektronisk höjdmätare, barktjockleksmätare, tillväxtborr 13 mm, klave och relaskop. 15 provträd per avdelning ingick i studien. Vilket resulterade i att totalt ingick 120 träd. För val av provträd lades först ett rutmönster ut på avdelningskartan och femton punkter i linjenas kors märktes ut. I fält skedde sedan orienteringen med hjälp av kompass. Från varje vald punkt valdes därefter ett representativt träd ut. På det provträdet mättes höjd, krongränshöjd, dubbla barktjockleken, diameter genom korsklavning (1,3m), grundyta och slutligen togs en borkärna ut från 1,3 m höjd.

## 2.3 Analys av insamlade borkkärnor

I laboratoriet inleddes analysarbetet med att limma fast borkkärnorna på trälistor ( Bild 1). Därmed kunde borkkärnorna slipas ner med ungefär en fjärdedel av deras diameter. Slipningen innebar därefter att årsringarna framträdde tydligt. Trälisterna utgjorde också en form av "handtag" under slipningen. Därefter behandlades borkkärnorna med "Kärnvedsreagens" det vill säga en reagens för pinosylvin bestående av mättad lösning (6g/500ml) Sulfanilsyra ( $C_6H_7NO_3S$ ) och en tioprocentig lösning Natriumnitrat ( $NaNO_2$ ), lika mängd av lösningarna blandades (Hillis 1987) (Bild 2). Reagensen fick kärnveden att anta en röd nyans medan splintvedens färg förblev oförändrad (Bild 3). När skiljelinjen mellan kärnved och splintved fastställts mättes respektive sträcka. Därefter påbörjades räkningen av antalet årsringar för kärnved respektive splintved. Under det arbetet användes ett ljusmikroskop som hjälpmedel då årsringsbredden var liten, främst för splintveden (Bild 4).



Bild 1. Limming av borrhärdar.



Bild 2. Behandling med reagens.



Bild 3. Skiljelinje mellan kärnved och splintved.



Bild 4. Räkning av årsringar.

## 2.4 Variabler för modellen

Det insamlade datat bearbetades m.h.a regressionsanalys, för vidare bakgrund/ teori, se bilaga 1. Till de yngre avdelningarna valdes antalet kärnvedsringar (KV-ringar) till responsvariabel och till förklarande variabler valdes Ålder Brh, bonitet och grundyta. Anledningen till att bonitet och grundyta ingick i regressionen var att fyra stycken startåldrar skulle räknas ut. För de äldre bestånden valdes till responsvariabel KV-ringar/år och till förklarande variabler Ålder, Höjd (m), Krongr.höjd (m), Bredd KV (cm), Bredd SV (cm), Medel diam (cm), Andel KV%, Andel SV%, mm/KV-ring och mm/SV-ring. Bonitet och grundyta utgjordes av s.k indikatorvariabler, både för de yngre och de äldre avdelningarna. Enligt Chatterje & Hadi (2006) kan indikatorvariabler vara väldigt användbara som förklarande variabler i regressionsanalys. Utifrån frågeställningen i denna studie skulle bl.a bonitet och grundytas inverkan på antalet bildade kärnvedsringar undersökas. Därför kodades avdelningar enligt följande; låg bonitet= 0, hög bonitet= 1, låg grundyta= 0 och hög grundyta= 1. Analysen av insamlat data från de yngre avdelningarna skedde med statistikprogrammet R och för de äldre avdelningarna användes Minitab 15.

### 2.4.1 Specifiering samt beräkning av startålder för de yngre avdelningarna

Regressionsmodellen för de yngre avdelningarna såg ut enligt följande, för mer detaljerad information (Bilaga 2);

$$\text{Kv.ringar} = -0,6975 + 0,0864\text{Ålder} + 0,0036\text{Bonitet} + 0,0894\text{Grundyta}.$$

För beräkning av startåldern sattes Kv.ringar (Y) till 0 och den sökta Åldern (X) löstes ut ur ekvationerna. Bonitet och Grundyta utgjordes av indikatorvariabler (1 eller 0), dessa innehöll inga egentliga värden.

$$\begin{aligned}\text{Avd 43,} \quad 0 &= -0,6975 + 0,0864X \\ X &= 0,6975/0,0864 \\ \underline{X} &= \underline{8,07}\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}\text{Avd 137,} \quad 0 &= -0,6975 + 0,0864X + 0,0894 \\ 0,6975 - 0,0894 &= 0,0864X \\ 0,6081 &= 0,0864X \\ X &= 0,6081/0,0864 \\ \underline{X} &= \underline{7,03}\end{aligned}\tag{2}$$

$$\begin{aligned}\text{Avd 36,} \quad 0 &= -0,6975 + 0,0864X + 0,0036 \\ 0,6975 - 0,0036 &= 0,0864X \\ 0,6939 &= 0,0864X \\ X &= 0,6939/0,0864 \\ \underline{X} &= \underline{8,03}\end{aligned}\tag{3}$$

$$\begin{aligned}\text{Avd 114} \quad 0 &= -0,6975 + 0,0864X + 0,0036 + 0,0894 \\ 0,6975 - 0,0036 - 0,0894 &= 0,0864X \\ 0,6045 &= 0,0864X \\ X &= 0,6045/0,0864 \\ \underline{X} &= \underline{7,00}\end{aligned}\tag{4}$$

### 2.4.2 Specifiering samt modellanpassning för de äldre avdelningarna

De framräknade startåldrarna användes som tidigare sagts därefter till att beräkna KV-ringar/år vilken utgjorde responsvariabeln (Y) för de äldre avdelningarna. Sedan utfördes beräkningar för att erhålla de olika förklarande variablerna som skulle undersökas i regressionsmodellen. Beräkningarna gjordes för varje enskilt träd.

$$\text{KV-ringar/år} = \frac{\text{Antal KVringar}}{\text{Tot. antal årsringar} - \text{Start ålder}}\tag{5}$$

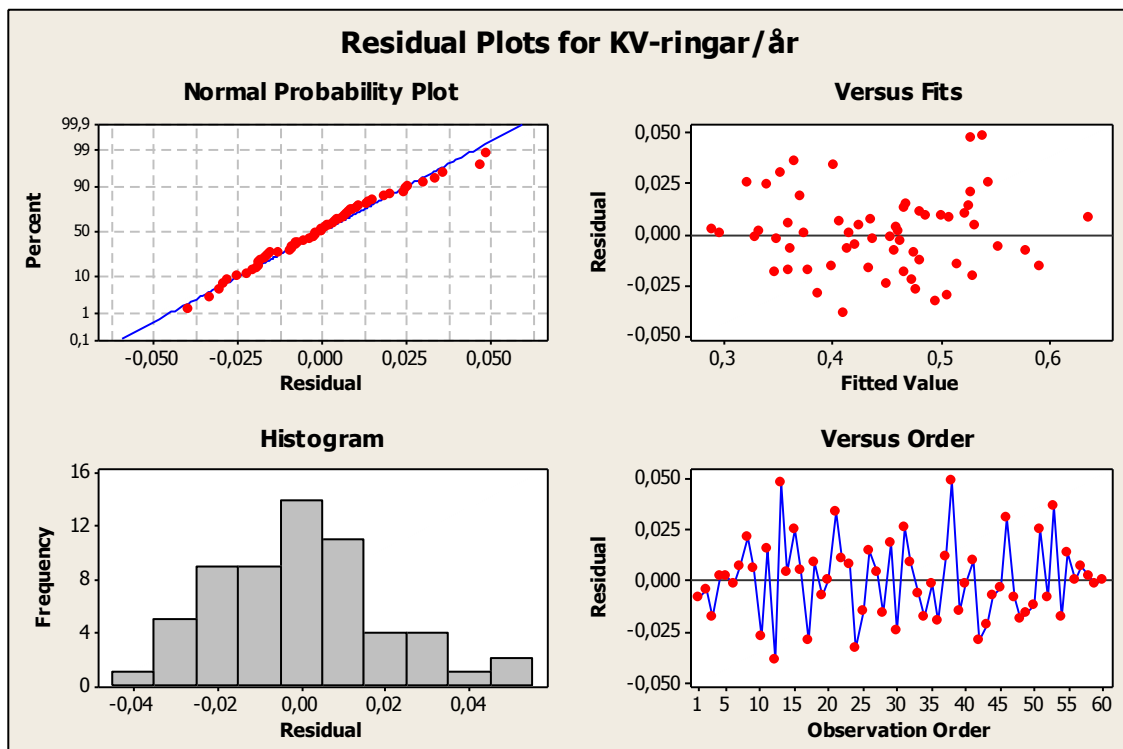
$$\text{Andel KV\%} = \frac{\text{Bredd kärnved}}{(\text{Bredd kärnved} + \text{Bredd splintved})}\tag{6}$$

$$\text{mm/SV} = \frac{\text{Bredd splintved (mm)}}{\text{Antal splintvedsringar}}\tag{7}$$

$$\text{mm/KV} = \frac{\text{Bredd kärnved (mm)}}{\text{Antal kärnvedsringar}}\tag{8}$$



En multipel linjär regression utfördes vilken också utvärderades i en residualplott. Baserat på denna plot antogs datat vara normalfördelat (Figur 2).



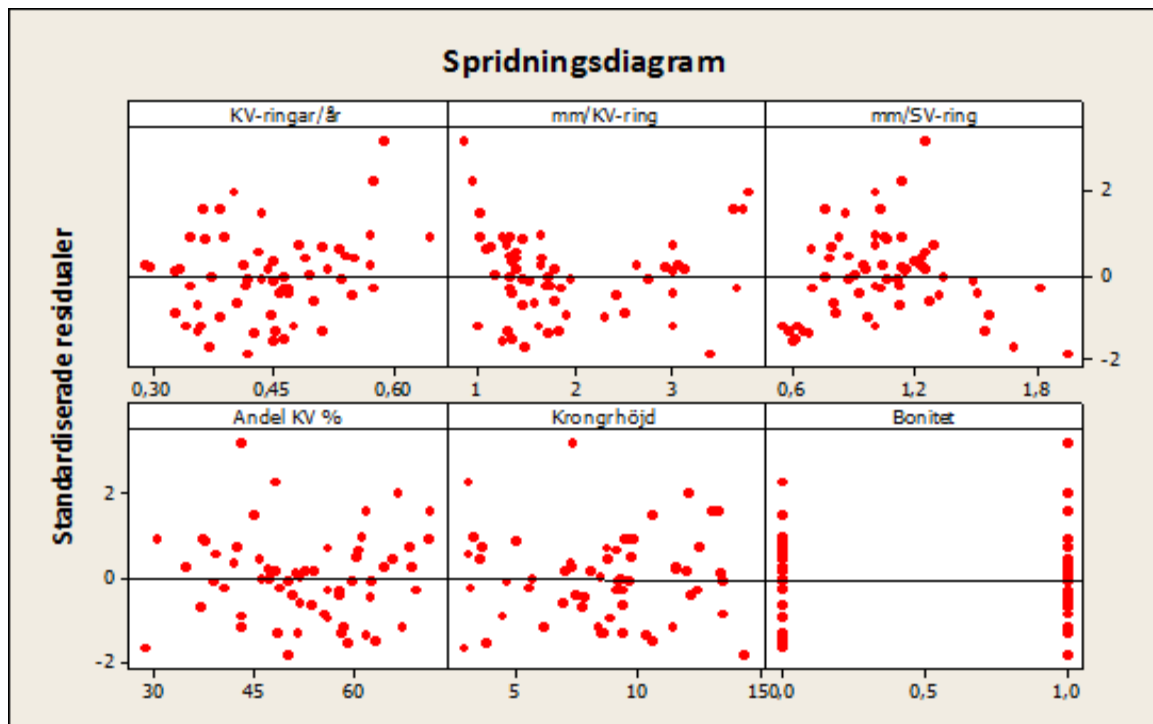
Figur 2. Residualplott för alla förklarande variabler (X) mot responsvariabeln (Y).

Regressionen gav en förklaringsgrad  $R\text{-}Sq(\text{adj})=93\%$ . Det visade sig också att mm/KV-ring, mm/SV-ring, Andel KV% och Bredd SV var signifikanta på 5 % nivå. Inga av indikatorvariablerna visade sig dock vara signifikanta på 5% nivå. Därefter utfördes en Stepwise regression. Vilket resulterade i att följande förklarande variabler föreslogs;

mm/KV-ring P-värde 0,000, mm/SV-ring P-värde 0,000, Andel KV% P-värde 0,000 samt Krongr.höjd P-värde 0,072. Indikatorvariabeln Bonitet blev även den signifikant med P-värde 0,008. Regressionen gav en förklaringsgrad på  $R\text{-}Sq(\text{adj})=93,71\%$ .

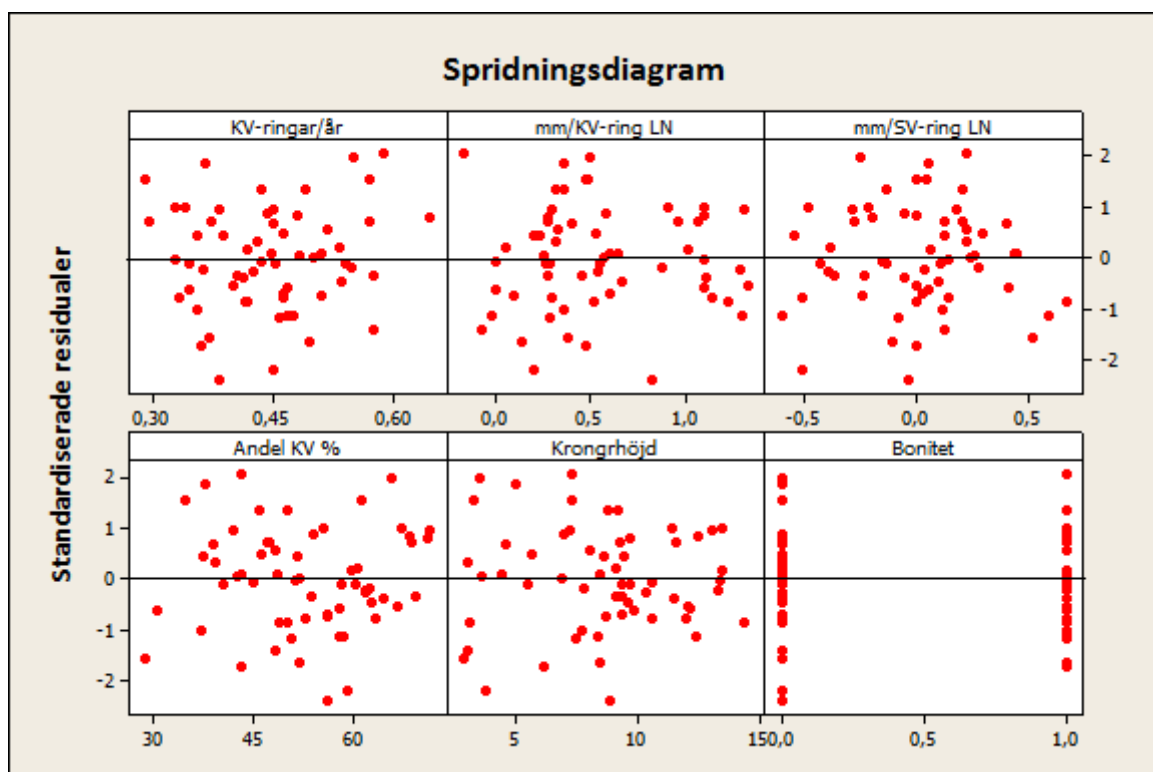
Dock beslutades att också behålla Krongr.höjd trots att P-värdet låg något över den 5 procentiga rekommendationen för signifikansnivå. Detta för att inte förlora en variabel som eventuellt skulle kunna bli signifikant längre fram i regressionen.

Därefter undersöktes residualerna från Stepwise regressionen. En metod att upptäcka om den valda modellen innehåller linjäritet är att undersöka residualerna för den valda modellen. Under normala antaganden är de standardiserade residualerna okorrelerade med både responsvariabel och de förklarande variablerna, residualerna ska fördela sig jämnt utspridda i ett horisontellt band omkring noll. Det ska därför inte gå att upptäcka något mönster i grafen (Chatterje & Hadi 2006). Analys av residualerna visar dock att det gick att urskilja ett mönster som tydde på det fanns någon form av korrelation, främst mellan residualerna och mm/KV-ring och mm/SV-ring (Figur 3).



Figur 3. Standardiserade residualerna mot respons och förklarande variabler.

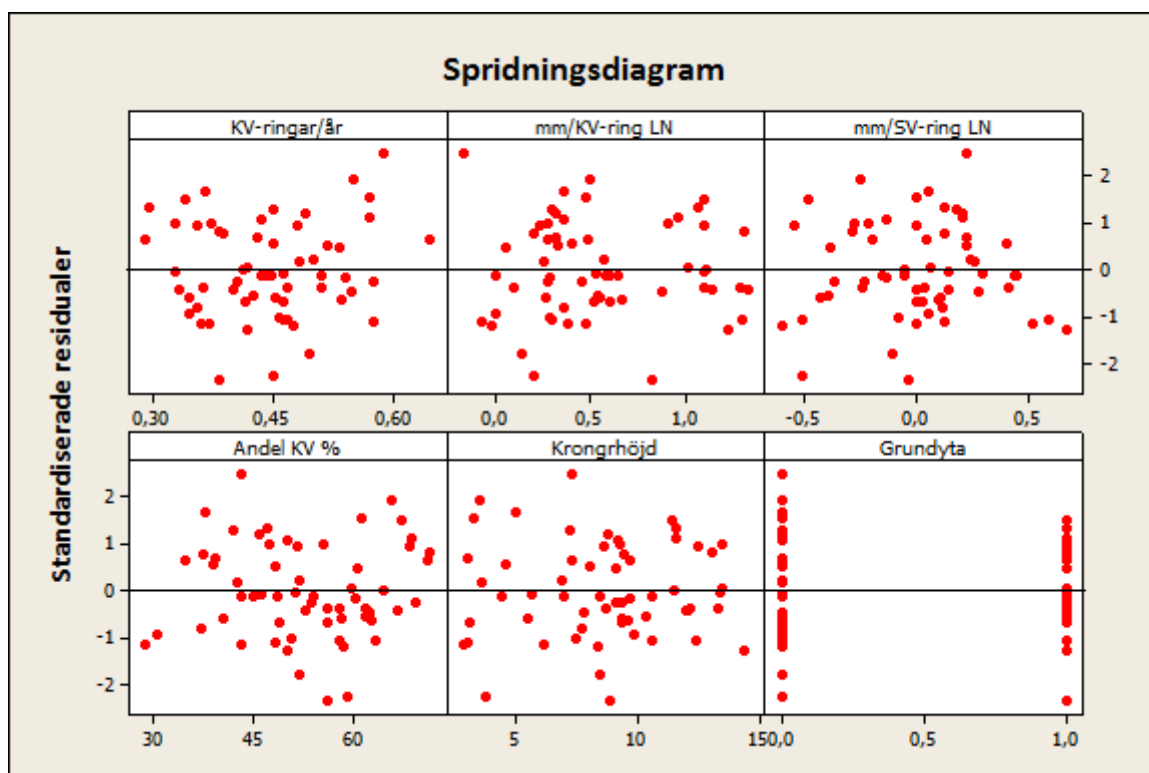
Linjaritetsproblemet kan enligt Chatterje & Hadi (2006) avhjälpas genom att responsvariabeln och /eller en eller flera av de förklarade variablerna transformeras. Det finns olika metoder för att utföra detta, t.ex. kvadrering, logaritmering eller roten ur av variablerna. Valet av transformationsmetod blev logaritmering med naturliga logaritmen då det gav bäst residualplott (Figur 4).



Figur 4. Standardiserade residualerna mot respons- och förklarande variabler. Det var bara mm/KV-ring och mm/SV-ring som transformades genom logaritmering med naturliga logaritmen.

Regressionen innehöll nu två logaritmerade (LN) variabler, mm/KV-ring och mm/SV-ring, vilket gav följande värden; mm/KV-ring (LN) P-värde 0,000, mm/SV-ring (LN) P-värde 0,000, Andel KV% P-värde 0,000, Krongr.höjd P-värde 0,000 samt Bonitet P-värde 0,001. Regressionen erhöll då en förklaringsgrad av  $Sq(adj)=99,2\%$ .

Därefter undersöktes om variabeln bonitet kunde bytas mot grundyta, detta för att om möjligt göra modellen mer praktiskt tillämpbar, detta utvärderades baserat på residualerna beskrivna i Figur 5. Följande värden erhöles med variabeln grundyta istället för bonitet; mm/KV-ring (LN) P-värde 0,000, mm/SV-ring (LN) P-värde 0,000, Andel KV% P-värde 0,000, Krongr.höjd P-värde 0,049 samt Grundyta P-värde 0,000. Regressionen gav en förklaringsgrad på  $Sq(adj)=99,2\%$ . För vidare detaljer (Bilaga 3).



Figur 5. De standardiserade residualerna mot respons- och förklarande variabler.

## 3 Resultat

### 3.1 Startålder för de yngre avdelningarna

Med hjälp av beräkningar kunde startåldrarna för kärnvedsbildningen nu prognostiseras. De framräknade startåldrarna i de yngre avdelningarna fördelade sig mellan 7 och 8 år i brösthöjd (Tabell 4).

Tabell 4. Prognostiserad startålder (år) i brösthöjd för respektive avdelning

Avdelning	Ålder	Beräkningar
43	8,0	(1)
137	7,0	(2)
36	8,0	(3)
114	7,0	(4)

### 3.2 Bildade kärnvedsringar/år för de äldre avdelningarna

Med hjälp av de prognostiserade startåldrarna från de yngre avdelningarna, se ovan, kunde antalet bildade kärnvedsringar/år i de äldre bestånden beräknas. Resultaten mellan avdelningarna varierade mellan 0,40 - 0,47 kärnvedsringar/år (Tabell 5).

Tabell 5. Antal bildade kärnvedsringar/år för respektive avdelning

Avdelning	KV-ringar	Beräkningar
23	0,47	(5)
25	0,44	
94	0,40	
122	0,47	

### 3.3 Regressionsmodell för de äldre avdelningarna

De undersökta variablerna användes i en framarbetad regressionsmodell innehållande; (Konstant 0,0287), (Andel KV % 0,0106), (mm/SV LN 0,265), (mm/KV LN -0,230), (Krongräns höjd -0,00102) samt (Grundyta -0,0123) (Tabell 6) med tillhörande medelfel och P-värde (Tabell 7). KV-ringar/år förklarades bäst av Andel KV%, mm/SV LN, mm/KV LN, Krongräns höjd samt Grundyta (indikatorvariabel). Observera att modellen även kunde användas med Bonitet som indikatorvariabel med ett P-värde under 0,05. Det var dock inte möjligt att kombinera dessa två, därför att ingen av de två blev då signifikanta.

Tabell 6. Responsvariabel (Y) KV-ringar/år=Kärnvedsringar/år. Förklarande variabler (X) Andel KV%= Sträckan kärnved/(sträckan kärnved+sträckan splintved), mm/SV LN=medelårsingsbredd för splintveden (mm) logaritmerad, mm/KV LN=medelårsringsbredd för kärnveden (mm) logaritmerad, Krongränshöjd=Krongränshöjd (m), Grundyta=grundyta m<sup>2</sup>

Regressionsmodell	Beräkningar
KV-ringar/år = 0,0287 + 0,0106 Andel KV % + 0,265 mm/SV LN - 0,230 mm/KV LN - 0,00102 Krongrhöjd - 0,0123 Grundyta	(6,7,8)

Tabell 7. De förklarande variablerna med tillhörande medelfel samt samt P-värde

Variabler	SE Koefi.	P
Konstant	0,00675	0,000
Andel KV%	0,0001323	0,000
mm/SV LN	0,004586	0,000
mm/KV LN	0,003711	0,000
Krongrhöjd	0,0005079	0,049
Grundyta	0,003092	0,000

### 3.4 Hypotesprövning

Ett enkelsidigt T-test utfördes för att kunna pröva hypotesen. Testet visade att nollhypotesen inte kan förkastas på en 5 procentig signifikansnivå P-värde=0,549 (Bilaga 4). Vilket betyder att det inte statistiskt gick att visa på att avdelning 23 hade omvandlat mer splintved till kärnved än avdelning 122 (Tabell 8).

Tabell 8. Nollhypotesen innebär att det inte förelåg någon skillnad i produktionen av kärnvedsringar/år mellan avdelning 23 och 122. Alternativhypotesen innebär att avdelning 23 hade producerat mer kärnvedsringar/år än avdelning 122

Hypotes	
H <sub>0</sub> :KV-ringar/år Avd 23 = KV-ringar/år Avd 122	(Bilaga 4)
H <sub>1</sub> :KV-ringar/år Avd 23 > KV-ringar/år Avd 122	

## 4 Diskussion

Syftet med studien uppfyllades då samtliga frågeställningar kunde besvaras. Startåldern för att bilda kärnved för de yngre träden beräknades till mellan 7 och 8 år i brösthöjd. Antalet kärnvedsringar som de äldre bestånden i snitt hade bildat kunde beräknas till mellan 0,40 till 0,47 årsringar/år. Signifikanta variabler för antalet bildade kärnvedsringar/år var Andel KV%, krongränshöjd, mm/SV LN, mm/KV LN samt grundyta. I den slutgiltiga regressionsmodellen byttes bonitet mot grundyta för att göra den mer praktiskt tillämpbar. Det visade sig att om de kombinerades i regressionsmodellen uteblev ett godtagbart P-värde, men var för sig gav ett tillfredställande resultat. Med mer praktiskt tillämpbar menas att väl i fält antas det lättare att relaskopera än att ståndortsbonitera. Nollhypotesen ( $H_0$ : KV-ringar/år Avd 23 = KV-ringar/år Avd 122) kunde inte förkastas (P-värde 0,549) vilket innebär att det inte finns någon statistisk säkerställd skillnad mellan att avdelning 23 har bildat mer kärnved än avdelning 122.

När startåldern från denna studie skulle jämföras med tidigare studier uppstod ett problem. Tidigare studier har använts sig av totalålder av träden när de avsett startålder. I denna studie var startåldern beräknad i brösthöjd. Men enligt Skogsstyrelsen (2010) kan en uppskattning av totalålder erhållas genom att addera 10 år till brösthöjdsåldern. För denna studie innebar det att träden startade sin kärnvedsbildning vid en totalålder av 17-18 år. Detta resultat stämde bra med Björklunds (1999) resultat vilket visar att kärnvedsbildningen startar vid en totalålder av 15 år. Björklunds material är hämtat från olika delar av Sverige för få en stor spridning på breddgrad, bonitet, föryngringsmetod och skötselåtgärder. Jämför med denna studie så har Björklund ett betydligt större material samt också äldre träd för sin analys, men de är ändå intressant att resultaten blev så snarlika. Det fans därför en risk för att jämförelsen inte blev riktigt korrekt då det i denna studie som presenteras här hade adderats en schablonsiffra för att få totalålder. Vidare menar Gjerdrum (1997) att kärnvedsbildningen startar vid 20-25 års ålder vilket är något högre ålder än denna studie visade. Men i en senare studie antyder Gjerdrum (2003) att kärnvedsbildningen startar vid 9 års ålder. Att bestämma startåldern var inte huvudsyftet med studien och resultaten ska därför tolkas med försiktighet enligt författaren. Jämfört med denna studie så är en startålder av 9 år att betrakta som lågt. Abiotiska och en rad andra faktorer kan vara anledning till att skillnaden i startålder mellan avdelningarna i denna studie inte blev så stor.

Startåldern varierade inte mer än ett år mellan de olika avdelningarna, trots att det är skillnad i bonitet mellan avdelningarna. Hillis (1987) menar att låg bonitet kan försena initieringen av kärnvedsbildningen, det är dock inget som denna studie styrkte. Avdelning 137 respektive 43 var planterade men skilde sig med ett år ifrån varandra med avseende på startålder. Dock är ett år i detta fall inte någon nämnvärd skillnad. Avdelning 36 respektive 114 skilde sig också med ett år ifrån varandra och dessa hade föryngrats med fröträd. Utifrån detta kan val av föryngringsmetod anses som mindre betydelsefull i denna studie. För avdelning 43 finns dokumentation som redogör för att plantmaterialet kommer från en annan proveniens än den lokala. Vidare efterforskningar gjordes för att utröna varifrån plantmaterialet härstammade men detta misslyckades. Trots att avdelning 43 tillhör en annan proveniens än den lokala avviker den inte från de övriga med avseende på startålder för kärnvedsbildningen. Detta resultat styrks också av Fries (1999) i en proveniensstudie av tall där det konstateras att det föreligger liten skillnad i proveniens med avseende på bredd och antal kärnvedsringar som bildats. Det konstateras också att grundyta har större inflytande för kärnvedsutvecklingen än latitutflyttning och proveniens. Den jämförande studien har förvisso inte undersökt startålder men man kunde ändå ha förväntat sig en större avvikelse i denna studie för avdelning 43. Även

avdelning 137 var planterad men där saknades tyvärr uppgifter om proveniens. Tyvärr har inte grundytans inverkan i de yngre avdelningarna undersökts i denna studie vilket presenteras här, därför går det inte att uttala sig om det fanns ett liknande samband mellan proveniens och grundyta i denna studie. Enligt Gjerdrum (2003) är ålder den avgörande faktorn för kärnvedsbildning. Kopplingen till åldrandet indikerar att det finns en intern timer som "triggar" den fysiologiska transformationen av kärnved. Alltså en nedärvd mekanism för tall som ger lite utrymme för övriga ståndortsegenskaper att påverka. Den studien har inte fokuserat på startålder men det är ändå intressant för jämförelse med denna studie där startåldern var nästan lika för de olika avdelningarna. Utifrån detta kan man anta att när träden uppnår en given ålder så startar de producera kärnved oavsett bonitet, grundyta samt proveniens. Dock verkade resultaten från denna studie, Björklunds (1999) och Gjerdrum (1997) visa på att startåldern för kärnvedsbildning hos tall startar vid mellan 15-20 års totalålder. I denna studie användes sedan den framräknade startåldern för att undersöka hur många kärnvedsringar som bildats/år i äldre avdelningar.

Skillnaden mellan hur många kärnvedsringar som bildats/år visade sig inte vara speciellt stor i de äldre avdelningarna. Avdelning 23 (91 år i brösthöjd) hade i snitt transformerat 0,47 splintvedsringar till kärnvedsringar/år, avdelning 122 (75 år i brösthöjd) 0,47 splintvedsringar till kärnvedsringar/år, avdelning 25 (64 år i brösthöjd) 0,44 splintvedsringar till kärnvedsringar/år och avdelning 94 (54 år i brösthöjd) 0,40 splintvedsringar till kärnvedsringar/år. Det gick dock att urskilja ett mönster där ökad brösthöjdsålder gav ett högre värde på transformationen av splintved till kärnved. Detta styrks av Björklund (1999) som visar att antalet kärnvedsringar som bildas per år ökar med högre totalålder. Från 0,5 ringar/år vid 45 års totalålder till 0,8 ringar/år vid 115 års totalålder. Även Gjerdrum (2003) visar samma mönster i sin studie, 0,6 ringar/år vid 50 års totalålder respektive 0,8 ringar/år vid 200 års totalålder. I båda dessa studier, som bygger på kvantitativ data, har prognostisering skett med hjälp av regressionsanalys. De skiljer sig mot denna studie såtillvida att de saknar en verklig startålder för transformationen av splintved till kärnved. I denna studie hade ett genomsnittligt värde av hur många splintvedsringar/år som hade transformerats till kärnvedsringar utgått från att startåldern hade identifierats. Dock är ett rimligt antagande att med ökad ålder transformeras mer splintved till kärnved/år enligt denna och ovan nämnda studier. Vidare undersöktes också här vilka variabler som förklarade bildade kärnvedsringar/år med hjälp av regressionsanalys.

Bland de variabler som bäst förklarade kärnvedsbildningen/år var krongränshöjd. Det kan tolkas som att storleken på kronan har betydelse för hur mycket kärnved som har bildats/år. Det finns belegg för detta i "The pipe model theory" (Shinozaki et al 1964) som visar i sin studie att det finns ett linjärt samband mellan mängden fotosyntiserande vävnad och mängden splintved, vilket indirekt ska reglera kärnveden. Fries och Ericsson (1999) visar att det finns en annan faktor som kan vara orsaken till detta, nämligen att krongränshöjd är genetiskt betingat. Att andel splintved % av radien inte blev signifikant är därför något märkligt då andel kärnved % av radien var signifikant. Men enligt "the pipe model theory" så ska detta inte vara fallet. Splintved % borde ha varit signifikant då den ska ha förhållandet 1:1 mot den fotosyntiserande vävnaden, och på så sätt indirekt reglera kärnvedsandelen. Anledning till detta är svårt att spekulera kring. Men enligt Hillis (1987) så förklarar inte "The pipe model theory" varför det finns en så stor variation av andelen kärnved inom samma art, avdelning, växtplats och lika storlek. Andra variabler som förklarade kärnvedsbildningen/år var medelårsringsbredden av splintveds- (mm/SV LN) och kärnvedsringarna (mm/KV LN). Detta kan bero på tillväxthastigheten. Wilkes (1991) visar i sin studie av radiata-tall att kärnvedsbildningen sker med ett fast värde av splintvedsringarnas bredd. Vidare menas att radiata-tall är beroende av den initiala tillväxthastigheten för hur mycket kärnved som kommer att bildas. Om bildade

splintvedsringarna t.ex. är breda, vilket kan regleras med olika skötselmetoder, produceras mer kärnved. Här fanns det ett samband mellan Wilkes (1991) och denna studie då medelårsringsbredden för splint- och kärnved är signifikant. Det som talar emot detta samband är att denna studie visade en skillnad i fraktionen av bildade kärnvedsringar/år från 0,40 till 0,47 och inte att omvandlingen skedde med ett fast värde. Vad dock båda studierna visar är att kärnvedsbildningen/år tenderar att öka med ökad ålder. Både grundyta och bonitet var signifikanta men bara om de hölls åtskilda. Hög respektive låg grundyta ger träden olika förutsättningar att breda ut sina grönkronor. Vilket enligt den främsta teorin, "the pipe model theory", leder till att storleken på grönkronan reglerar splintveden och indirekt kärnveden. Dock har det visat sig svårt att påverka själva kärnvedsbildningen genom att manipulera grönkronan, det visar Långström och Hellqvist (1991) i en studie där de beskar grönkronorna på tall men effekten av den förväntade ökningen av kärnvedsbildningen uteblev. En liknande upptäckt gjorde Mörling & Valinger (1999) där tall undersöktes efter ett gallrings- och gödsselförsök. Resultatet visar att arean av splintveden hade ökat men antalet kärnvedsringar hade inte ökat. Det gick således ej i detta försök att öka andelen kärnved genom att försöka manipulera trädens växtförutsättningar. En anledning till detta kan enligt Långström & Hellqvist (1991) vara att deras tidshorisont för studien var för kort, fyra år efter behandling, för att verkligen kunna se någon effekt på kärnvedsbildningen. En intressant jämförelse går att iakta med denna studie. Avdelning 122 hade vid tidpunkten för fältarbetet en grundyta på 17 och klassificerades som låg. Avdelningen var dock gallrad 1996 med en grundyta av 17 visade sig vid analysen vara signifikant för antalet bildade kärnvedsringar /år. Detta kan antas bero på att det gått 15 år sedan gallringen och grönkronorna har hunnit bygga ut sig och återupprättat förhållandet 1:1 i "The pipe model theory", alltså tillräckligt med tid för att återställa balansen. Dock talar Mörling & Valingers (1999) studie emot detta då de undersökte sina försök 12 år efter utförd åtgärd och kunde inte identifiera någon någon ökning av kärnvedsringar.

Regressionsmodellen kan antas fungera för att förklara bildade kärnvedsringar/år i äldre bestånd på ståndorter och i bestånd med liknande förutsättningar som de undersökta. Med äldre bestånd menas här en brösthöjdsålder på mellan 54 till 91 år. Förklaringsgraden för regressionsmodellen är osedvanligt hög 99,2%. En möjlig förklaring till detta kan vara att de beräknade startåldrarna vilka användes till respektive äldre avdelning var mycket lika.

Hypotesen för studien, gällande de äldre avdelningarna, utformades efter antaganden av bonitet och grundyta. Vad gäller bonitet menar Hillis (1987) att en låg sådan kan minska kärnvedsandelen. Climent et al (1993) visar att ståndortsegenskaper såsom utsatthet för vind och vattenbalans har större inverkan på total diametertillväxt och splintvedsdiametern än på själva kärnvedsbredden hos *Pinus canariensis*. För radiata-tall gäller att vattentillståndet är jämnt och avsaknaden av uttorkande vindar eller låg humiditet för att kärnvedsbildningen ska gynnas (Harris 1954). Utifrån detta valdes avdelningar med hög respektive låg bonitet ut. Här var antagandet att avdelning 23 med lägre bonitet skulle ha producerat mer kärnvedsringar/år än avdelning 122 med högre bonitet. Nu visade sig så ej vara fallet. En anledning till detta kan vara att i denna studie var skillnaden mellan hög och låg inte är så stor, T17 till T21 vilket ska betraktas som en svaghet i studien. Vad gällde grundyta var avsikten att även här hitta så stor spridning som möjligt mellan avdelningarna, skillnaden var mellan 17 till 25 m<sup>2</sup>. Det förväntade resultatet var att avdelning 23 skulle ha producerat mer kärnvedsringar/år än avdelning 122 men detta uteblev. Skillnaden i grundyta visade sig heller inte spela någon avgörande roll för bildandet av kärnvedsringar/år. En trolig anledning till att dessa två inte gick att kombinera var att då uppstår kollinaritet. Variablerna är intimt sammanlänkade. Den slutgiltiga modellen fick därför bara innehålla grundyta. Modellen blev på detta sätt mer "praktiskt" tillämpbar då det får antas vara lättare att i fält relaskopera än ståndortsbonitera.



Intressanta resultat från denna studie är att det skilde så lite mellan de unga avdelningarnas startålder för kärnvedsbildningen. Detta trots skillnad i bonitet, grundyta, föryngringsmetod och proveniens. En annan intressant upptäckt, vad gäller de äldre avdelningarna, var att det inte förelåg någon större skillnad i producerade kärnvedsringar/år samt att både grundyta och bonitet var för sig kunde förklara bildade kärnvedsringar/år. De är alltså var för sig lika betydelsefulla som förklarande variabler i denna studie. En annan upptäckt var att det förelåg heller ingen skillnad i producerandet av kärnvedsringar /år mellan de avdelningarna som på förhand förväntades ge störst skillnad. Det finns många tänkbara variabler som på ett eller annat sätt samverkar när det gäller kärnvedsbildningen i tall. Förhoppningsvis ger denna studie ett bidrag till en bättre förståelse kring detta komplexa fenomen.

## 5 Referenser

Anon. 2011. *Skogsstatistisk årsbok*. Skogsstyrelsen 551 83 Jönköping

Bergström, B. (2000). *Aspects on heartwood formation in Scots pine*. Diss. Umeå: Swedish university of agricultural sciences.

Björklund, L. (1999). Identifying Heartwood-rich Stands or Stems of *Pinus sylvestris* by Using Inventory Data. *Silva Fennica*. 33(2): 119-129.

Chatterje, S. och Hadi, A. S. (2006). *Regression analysis by example*. John Wiley & Sons., Hoboken, New Jersey.

Climent, J., Gil, L., Pardos, J. (1993). Heartwood and sapwood development and its relationship to growth and environment in *Pinus canariensis* Chr.Sm ex DC. *Forest Ecology and Management*, (59) 165-174.

Fries, A. (1999). Heartwood and sapwood variation in mature provenance trials of *Pinus sylvestris*. *Silvae Genetica* 48, 1 (1999).

Fries, A., Ericsson, T. (1998). High heritability for heartwood in north Swedish Scots pine. *Theor Appl Genet* 98:732-735.

Fries, A., Ericsson, T. (1999). Genetic parameters in diallelcrossed Scots pine favor heartwood formation breeding objectives. *Can. J. For. Res.* 28: 937-994.

Gjerdrum, P. (2003). Heartwood in relation to age and growth rate in *Pinus sylvestris* L. in Scandinavia. *Forestry*, Vol. 76, No. 4

Gjerdrum, P. (1997). *Tyritopp påvirker ikke andelen kjerneved*. Norsk skogsbruk 3: 24.25, 1997.

Harris, M.J. (1954). Heartwood formation in *Pinus radiata*. *New Phytologist*, 53(3): 517-524.

Higuchi, T.: *Biosynthesis and biodegradation of wood components*. Academic Press Incorporated, Orlando, Florida, U.S.A. s 1,2,3,4 ISBN 0-12-347880-4 (1985).

Hillis, W.E. (1987). *Heartwood and tree exudates*. Berlin: Springer-Verlag.

Kaufman, M.R., Watkins, R.K. (1990). Characteristics of high- and low-vigor lodgepole pine in old-growth stands. *Tree Physiology* 7, 239-246.

Långström, B., Hellqvist, C. (1991). Effects of different pruning regimes on growth and sapwood area of Scots pine. *Forest Ecology and Management*, (44) 239-254.

Mörling, T. & Valinger, E. (1999). Effects of Fertilization and Thinning on Heartwood Area, Sapwood Area and Growth in Scots pine. *Scand. J. For. Res.* 14: 462-469.

Samuels, M.L., Witmer J.A. (2003) *Statistics for the Life Sciences*. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Shelburne, V.B., Hedden, R.L., Allen, R.M. (1992). The effects of site, stand density, and sapwood permeability on the relationship between leaf area and sapwood area in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) *Forest Ecology and Management*, 58, 193-209.

Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. (1964a). A quantitative analysis of plant form – The pipe model theory I. Basic analyses. *Japanese Journal of Ecology*. 14(3): 97-104.

Skogsdata, 2011. *Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från riksskogstaxeringen*. Institutionen för skoglig resurshushållning (SLU).

Skogsstyrelsen, (2010). *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen 551 83 Jönköping.

Wilkes, J. (1991). Heartwood development and its relationship to growth in *Pinus radiata*. *Wood Sci. Technol.* 25: 85-90.

### **Personlig kommunikation**

Lundquist, Kristina. Biostokastikum, Doktorand. Personlig kommunikation 2011.

# Bilagor

## Bilaga 1

Då denna studie delvis ämnade att undersöka vilken/vilka faktorer som påverkar antalet kärnvedsringar som har bildats i tall (*Pinus sylvestris* L.) per år, samt om bonitet eller grundtyta inverkar i kärnvedstransformationen, lämpade sig regressionsanalys. Regressionsanalys kan utföras i olika typer av dataprogram, till denna studie användes programmet R och Minitab 15. Anledningen till att två olika program användes berodde på att det insamlade datat bestod av både diskreta och kontinuerliga värden. Diskreta värden kan bara anta heltal medan kontinuerliga kan anta alla typer av värden. Programmet R används för analys av diskreta variabler. Då antalet observerade kärnvedsringar (beroende variabel) var att betrakta som diskreta hos de yngre avdelningarna utfördes dennes analys i R. Vad gäller analysen av de äldre avdelningarna användes Minitab 15 då det främst är utformat för att behandla data av kontinuerlig karaktär. Det bör dock tilläggas att R även kan användas för kontinuerliga värden, men det ansågs inte lämpligt för denna studie. Minitab kan i vissa fall användas till diskreta variabler, dock bara om dessa tar sig värdena ett eller noll (Lundquist 2011).

Enligt Chatterje & Hadi (2006) är regressionsanalys en konceptuell enkel metod för att undersöka funktionella förhållanden mellan variabler. Förhållandena uttrycks i form av en ekvation eller i en modell som förbinder respons-(beroende) variabeln med en eller flera förklarande (oberoende) variabler. Responsvariabeln benämns  $Y$  och de förklarande variablerna  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , där  $p$  står för antalet förklarande variabler. Det sanna förhållandet mellan  $Y$  och  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , kan approximeras genom regressionsmodellen;  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p) + \varepsilon$ , där  $\varepsilon$  antas vara ett slumpmässigt fel som representerar skillnaden i approximation,  $\varepsilon$  tar hänsyn till modellens misslyckande att anpassa datat exakt. Ett exempel på en linjär regressionsmodell är;  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$ , där  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ , kallas regressionskoefficienter, dessa är okända konstanter som får sitt värde bestämt (uppskattat) från datat.

Den testade modellens utfall kan tolkas utifrån ett par nyckelparametrar,  $R^2$  (förklaringsgrad) och P-värde.  $R^2$  kan tolkas som proportionen av den totala variationen i responsvariabeln ( $Y$ ) som kommer från de förklarande variablerna ( $X$ ). Värdet ligger mellan noll och ett, det benämns i enheten procent. T.ex. innebär  $R^2 = 0\%$  att  $X$ -variablerna förklarar  $0\%$  av variationen i  $Y$ , vilket innebär att  $X$ -variablerna inte påverkar  $Y$ -variabeln. Om däremot  $R^2 = 100\%$  förklaras all variation som finns i  $Y$ -variabeln av variationen i  $X$ -variablerna dvs  $X$ -variablerna påverkar i högsta grad responsvariabeln (ibid). Enligt Samuels & Witmer (2003) är P-värde ett mått på förenlighet mellan datat och nollhypotesen. Gränsen för P-värdet benämns med signifikansnivå, vanligtvis används 0,01, 0,05 eller 0,1. Om P-värdet är mindre eller likamed den valda signifikansnivån förkastas nollhypotesen. Det omvända gäller om P-värdet är större än signifikansnivån.

## Bilaga 2

Call:  $Kv.ringar = -0,6975 + 0,0864\text{Ålder} + 0,0036\text{Bonitet} + 0,0894\text{Grundyta}$ .

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.90721	-0.54900	-0.03978	0.39937	1.79300

Coefficients	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-0.697457	0.455914	-1.530	0.126
Ålder	0.086373	0.022188	3.893	9.9e-05***
Bonitet	0.003598	0.138846	0.026	0.979
Grundyta	0.089402	0.188223	0.475	0.635

Signif codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 60.775 on 59 degrees of freedom

Residual deviance: 29.747 on 56 degrees of freedom

AIC: 217.78

Number of Fisher Scoring iterations: 4

### Bilaga 3

#### Regression Analysis: KV-ringar/år versus Andel KV %; mm/SV LN; ...

The regression equation is;

$KV\text{-ringar/år} = 0,0287 + 0,0106 \text{ Andel KV \%} + 0,265 \text{ mm/SV LN} - 0,230 \text{ mm/KV LN} - 0,00102 \text{ Krongrhöjd} - 0,0123 \text{ Grundyta}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02873	0,00675	4,26	0
Andel KV %	0,01056	0,00013	79,8	0
mm/SV LN	0,26519	0,00459	57,83	0
mm/KV LN	-0,2296	0,00371	-61,88	0
Krongrhöjd	-0,001	0,00051	-2,01	0,049
Grundyta	-0,0123	0,00309	-3,98	0

S = 0,00710446 R-Sq = 99,3% R-Sq(adj) = 99,2%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	0,37988	0,07598	1505,28	0,00
Residual Error	54	0,00273	0,00005		
Total	59	0,38261			

Source	DF	Seq SS
Andel KV %	1	0,06396
mm/SV LN	1	0,02061
mm/KV LN	1	0,29277
Krongrhöjd	1	0,00174
Grundyta	1	0,0008

#### Unusual Observations

Obs	KV %	KV-ringar/år	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	59	0,44979	0,46462	0,00268	-0,0148	-2,25R
28	56,1	0,38372	0,39994	0,00183	-0,0162	-2,36R
38	43	0,5885	0,57223	0,00275	0,01627	2,48R

R denotes an observation with a large standardized residual.

## Bilaga 4

### Two-Sample T-Test and CI: KV-ringar/år Avd 23; KV-ringar/år Avd 122

Two-sample T for KV-ringar/år Avd 23 vs KV-ringar/år Avd 122

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean
KV-ringar/år Avd 23	15	0,4689	0,0847	0,022
KV-ringar/år Avd 122	15	0,4654	0,07	0,018

Difference =  $\mu$  (KV-ringar/år Avd 23) -  $\mu$  (KV-ringar/år Avd 122)

Estimate for difference: 0,0035

95% upper bound for difference: 0,0518

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = 0,12 P-Value = 0,549 DF = 28

Both use Pooled StDev = 0,0777

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2010:26 Författare: Emil Modig  
Skador på kvarvarande bestånd vid mekaniserad blädning
- 2010:27 Författare: Steffen Lackmann  
Carbon storage and forest fire influences in tropical rainforests – an example from a REDD project in Guatemala
- 
- 2011:1 Författare: Elin Brink  
Kan naturvärdesträd med törskate vara en livsmiljö för rödlistade insekter?
- 2011:2 Författare: John Halvarsson  
Varglav (*Letharia vulpina*) – en skogshistorisk analys vid Grundagssåtern i Norra Dalarna
- 2011:3 Författare: Martin Ahlström  
Bielite. En utvärdering av alternativa skötselmetoder i fjällnära granskog – struktur, inväxning och volymtillväxt
- 2011:4 Författare: Anna-Karin Marklund  
Variation i temperaturrespons ( $Q_{10}$ ) vid nedbrytning av biopolymerer
- 2011:5 Författare: Josefin Lundberg  
Var finns rehabiliteringsskogen? Hur preferens och upplevelse av skogsmiljö kan användas för att återfinna rehabiliteringsskogen på landskapsnivå
- 2011:6 Författare: Fredrik Hedlund  
Dimensionsavverkningens inverkan på natur och kulturvärden i fjällnära naturskog – en jämförelse av två områden inom Harrejaur naturreservat i Norrbotten
- 2011:7 Författare: Linda Nilsson  
Skogar med höga sociala värden inom Sundsvalls kommun – olika intressenters attityd till den tätortsnära skogen och dess skötsel
- 2011:8 Författare: Charlotte Naucélér  
Kan urskog vara kulturlandskap? – En tvärvetenskaplig studie av kulturspår och naturvärden i Eggelatsområdet
- 2011:9 Författare: Anton Larsson  
Val av markbehandlingsmetod inom Sveaskogs innehav i norra Sverige
- 2011:10 Författare: Hanna Lundin  
Lika oriktigt, som det är att ensidigt hålla på blädning lika förnuftsvidrigt är det att endast vilja förorda trakthuggning” – Tidiga kalhyggen i Norrland
- 2011:11 Författare: Ida Karlsson  
Brunnsröjning med kedjeröjsåg – effekter på kvarvarande bestånd
- 2011:12 Författare: Elsa Järvholm  
Högsjärmar och kalhyggesfritt skogsbruk på bördig mark i Medelpad
- 2011:13 Författare: Susanne Wiik  
Kalkbarrskogar i Jämtland – vad karakteriserar de områden där kalkberoende mykorrhizasvampar förekommer?
- 2011:14 Författare: Andreas Nilsson  
Krymper barmassaved vid lagring? – En fallstudie i SCA:s Tövasystem

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)